

N-2 粒状濾層による無凝集剤注入膜濾過洗浄排水の濃縮効果

岩上芳行（埼玉大学大学院）

○ 財部 隆（タカラ工業（株））

黄 建元（前澤工業（株）中央研究所）

滝沢 智（東京大学大学院）

1. 研究の背景と目的

膜濾過法は小規模浄水施設において実用化の段階に入った。しかし、膜濾過技術に問題がない訳ではない。その一つは、膜分離した汚泥の処理方式がまだ確立していないことである¹⁾。

本稿では、濾層を転倒して少量の水で洗浄できる濾過装置を念頭に、粒状濾過で膜分離浄水プロセスから発生したマンガン含有原水の物理洗浄排水を濃縮することを試みた。

2. 実験装置と実験方法

横軸ドラム状の粒状濾層装置²⁾が市販されている。洗浄操作はドラムをゆっくり回転し、水を加えて、砂から付着物を分離させるものである³⁾。

この装置を想定して、図-1に示す装置を2系列用意した。実験装置は内径15 mmの円筒形透明アクリル製で、有効径0.6 mmおよび均等係数1.4の濾過砂を厚さ100 mmおよび200 mm充填した。

この濾過筒で膜濾過物理洗浄排水を120 m/日で60時間濾過した。また、濾過終了後、濾過筒を転倒し、濾材量の3倍量の水で洗浄した。

濃縮実験のための原排水は、マンガンを含む人工原水を公称分画径 $0.1\mu\text{m}$ の中空糸精密濾過膜で濾過したときの物理洗浄排水⁴⁾で、性状は表-1の通りである。

膜濾過においては、膜への供給原水のpHを3レベルに設定したが、物理洗浄排水を必要量貯留する期間中に空気中の二酸化炭素を吸収して、原排水のpH値は膜濾過実験におけるpHより低くなった。また、pH9.7の場合では、貯留した膜濾過洗浄排水中には沈殿する懸濁物もあり、原排水は膜濾過洗浄排水より濃度が低くなった。

水質分析はSTANDARD METHODS (1995)と上水試験方法 (1993)によった。粒状濾過した水のマンガンと懸濁物濃度を測定し、除去率を求めた。また、濾層洗浄排水の浮遊物質(SS)濃度を測定し、粒状濾過による濃縮率を求めた。

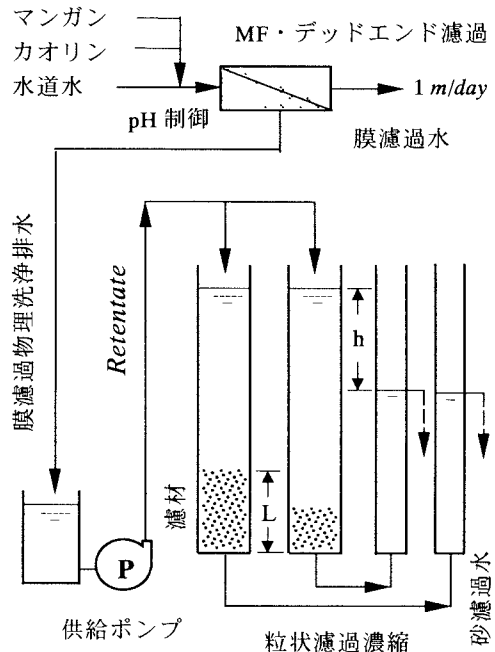


図-1 実験装置フロー

表-1. 粒状濾層に入る原排水の性状

粒状 濾過 Run	膜 濾過 pH	水温 ℃	原 排水 pH	マン ガン mg/l	懸濁 物 NTU
A	7.5	16.3	6.8	2.28	170.0
B	8.5	18.1	8.0	3.57	166.0
C	9.7	15.9	8.2	0.73	35.4

3. 実験結果および考察

3. 1 マンガンおよび懸濁物の除去率

有効径 0.6 mm 厚さ 100 mm および 200 mm の濾層で膜濾過物理洗浄排水を濾過した結果を図-2, 3 に示す。膜濾過 pH が低い Run の膜濾過物理洗浄排水は、粒状濾過においてもマンガン除去率が低かった。膜濾過 pH が 9.7 と高い Run の膜ろ過物理洗浄排水では、濾過時間 20 時間の間 100 mm 厚さの濾層で 57 % 程度、200 mm 厚さの濾層では 62 % 以上のマンガン除去率が得られた。また、濾過時間が、100 mm 厚さの濾層では 20 時間、200 mm 厚さの濾層では 40 時間を超えると、濾過水濁度が急激に上昇した。

懸濁物除去率は 64～97 % (濾層厚さ 200 mm) で、膜濾過 pH が高いほうが粒状層の除去率も高くなった。これは、膜濾過 pH の高い Run ではマンガンが多量に含まれていることから、マンガンが凝集剤の役割を果たしているのではないかと推測された⁵⁾。

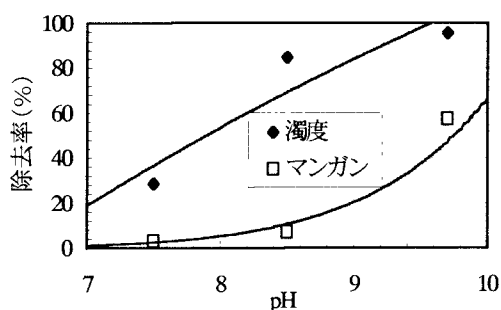


図-2 pHによるマンガン、カオリン除去率の変化(L= 100 mm)

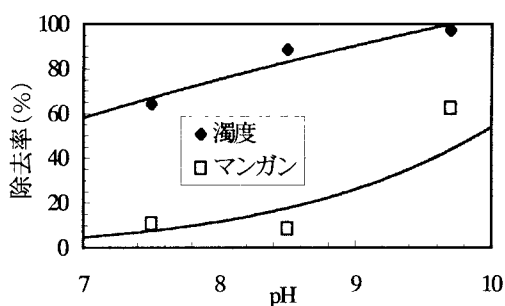


図-3 pHによるマンガン、カオリン除去率の変化(L= 200 mm)

3. 2 濃縮倍率

粒状濾層を洗浄したときの SS 濃度を測定した結果が表-2 である。

原排水濃度の 20～60 倍の濃縮が可能で、SS は 1 % に近い値を示した。

表-2. 濾層厚さによる SS の変化

項 目	SS (mg/l)		
Run	A	B	C
膜濾過 pH	7.5	8.5	9.7
濾層厚さ 100 mm	2137.5	3405.8	1286.5
濾層厚さ 200 mm	7012.5	10379.3	1716.0

3. 3 処理性能

濾過水濁度が急激に上昇するまで濾過時間内、粒状濾層濾過水の濁度およびマンガン濃度を測定した平均値を図-4と図-5に示す。pHが高くなれば、濾過水の濁度およびマンガン濃度が低くなった。

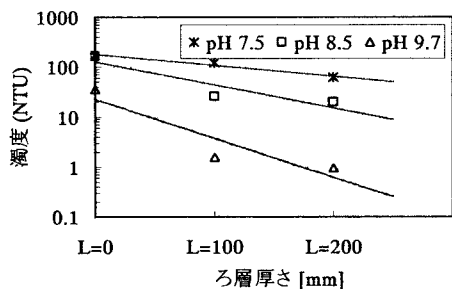


図-4 ろ層厚さによる処理水の濁度

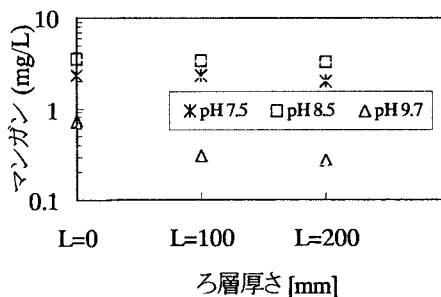


図-5 ろ層厚さによる処理水マンガンの濃度

3. 4 除去速度係数

図-4と図-5のように、各測定点はほぼ直線上に乗っている。すなわち、次のように書ける⁵⁾。

$$\frac{dC}{dL} = -\mu_1 C \quad \cdots (1)$$

または、

$$\frac{dL}{dt} = V \quad \cdots (2)$$

$$\therefore \frac{dC}{dt} = -\mu_2 C \quad \cdots (3)$$

または、

$$\mu_2 = V\mu_1 \quad \cdots (3')$$

ここに、 C ： t 時間後の濾過水濁度およびマンガン濃度 (mg/L), C_0 ： 初期濾過水濁度およびマンガン濃度 (mg/L), μ_1 ： 除去係数 (1/m), μ_2 ： 除去速度係数 (1/hr), L ： 濾層深さ (m), V ： 濾過速度 (m/day), t ： 濾過時間 (hr).

濁度およびマンガンの除去速度係数 μ_2 の値を図-4と図-5の各直線の傾きから求めたものである。この数値を基に、濁度の除去速度係数 μ_2 とマンガンの除去速度係数 μ_2 との関係を表すと、図-6のようになる。

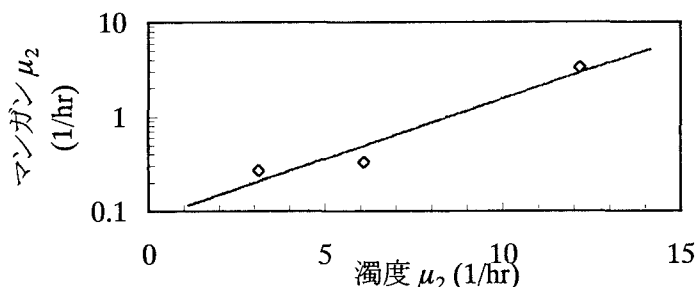


図-6 pHによる除去速度係数

この図に示したように、懸濁物除去速度係数とマンガン除去速度係数との関係を片対数グラフによるほぼ直線中に並びにものであった。以上の知見は、pH制御+膜濾過法によりマンガンを除去する場合、除去された二酸化マンガンを洗浄排水に再利用すべきであることも示している。

4. 結論

粒状濾層によって膜濾過物理洗浄排水の濃縮を試み、以下の知見を得た。

- (1) マンガンおよび懸濁物を含む膜濾過物理洗浄排水を有効径 0.6 mm 厚さ 200 mm の砂層で濾過した結果、膜濾過 pH が 9.7 以上では、マンガン除去率は 62 %、懸濁物除去率は 97 % 以上になった。
- (2) 粒状濾過濃縮によって、膜濾過物理洗浄排水の浮遊物質濃度を 1 % 程度に濃縮できた。
- (3) 膜分離浄水プロセスから発生したマンガン含有原水が pH 制御によって、酸化したマンガンの凝集剤の役割を果たしているのではないかと推測された。

おわりに、本研究を進めるにあたりまして、貴重なご助言を頂いた東京大学名誉教授・元埼玉大学大学院理工学研究科教授 藤田賢二 工学博士には、心より深く感謝致します。

参考文献

- 1) 膜を利用した浄水場排水処理に関するガイドライン(案), 旧(社)水道浄水プロセス協会(1997),
- 2) タカラ工業(株)カタログ, 全自動砂濾過機, ロータリークリーナ, 3) 財部 隆, 日本特許一第 3177882 号, EPC 特許一第 69702794.5-08 号, アメリカ特許一第 5948252 号. 4) 黄 建元, 岩上芳行, 藤田賢二: pH 制御-精密濾過膜によるマンガン除去, 水道協会雑誌, Vol.68, No.12, pp. 22~28 (1999),
- 5) J.Y. Huang, S. Takizawa and K. Fujita. (2001). Retentate Thickening by Granular Filter in Membrane Water Purification Process. (*Water Science & Technology in print*).